

PCT/JP01/00437

24.01.01

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 16 MAR 2001

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

JPO 1/437

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 1月24日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-052507

出 願 人

Applicant(s):

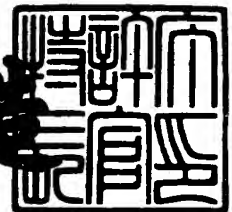
株式会社トーキン

PRIORITY
DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2001年 3月 2日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3012065

【書類名】 特許願
 【整理番号】 T-8965
 【提出日】 平成12年 1月24日
 【あて先】 特許庁長官殿
 【国際特許分類】 H01F
 【発明者】

【住所又は居所】 宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号 株式会社トーキン内

【氏名】 ▲吉▼田 栄▲吉▼

【発明者】

【住所又は居所】 宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号 株式会社トーキン内

【氏名】 馬 裕司

【発明者】

【住所又は居所】 宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号 株式会社トーキン内

【氏名】 安藤 慎輔

【発明者】

【住所又は居所】 宮城県仙台市太白区郡山六丁目7番1号 株式会社トーキン内

【氏名】 李 衛東

【発明者】

【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区桜ヶ丘七丁目37番10号

【氏名】 島田 寛

【特許出願人】

【識別番号】 000134257

【氏名又は名称】 株式会社トーキン

【代理人】

【識別番号】 100071272

【弁理士】

【氏名又は名称】 後藤 洋介

【代理人】

【識別番号】 100077838

【弁理士】

【氏名又は名称】 池田 憲保

【代理人】

【識別番号】 100101959

【弁理士】

【氏名又は名称】 山本 格介

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012416

【納付金額】 21,000

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0102480

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気損失材料とその製造方法およびそれを用いた高周波電流抑制体

【特許請求の範囲】

【請求項1】 M (Mは、Fe、Co、Niのいずれか、もしくはそれらの混在物) - X (Xは、MおよびY以外の元素、もしくはそれらの混在物) - Y (Yは、F、N、Oのいずれか、もしくはそれらの混在物) からなる磁気損失材料であって、前記磁気損失材料の損失項 μ'' の最大値 μ''_{max} が 100 MHz ~ 10 GHz の周波数範囲に存在すると共に、前記 μ'' が前記 μ''_{max} に対し 50 % 以上となる周波数帯域をその中心周波数で規格化した半値巾 μ''_{50} が、200 % 以内であることを特徴とする狭帯域磁気損失材料。

【請求項2】 前記M-X-Y磁性体の飽和磁化の大きさが、M成分のみからなる金属磁性体の飽和磁化の80 % 以上であることを特徴とする請求項1に記載の狭帯域磁気損失材料。

【請求項3】 M (Mは、Fe、Co、Niのいずれか、もしくはそれらの混在物) - X (Xは、MおよびY以外の元素、もしくはそれらの混在物) - Y (Yは、F、N、Oのいずれか、もしくはそれらの混在物) からなる磁気損失材料であって、前記磁気損失材料の損失項 μ'' の最大値 μ''_{max} が 100 MHz ~ 10 GHz の周波数範囲に存在すると共に、前記 μ'' が前記 μ''_{max} に対し 50 % 以上となる周波数帯域をその中心周波数で規格化した半値巾 μ''_{50} が、150 % 以上であることを特徴とする広帯域磁気損失材料。

【請求項4】 前記M-X-Y磁性体の飽和磁化の大きさが、M成分のみからなる金属磁性体の飽和磁化の60 % から35 % の範囲に有る事を特徴とする請求項3に記載の広帯域磁気損失材料。

【請求項5】 前記M-X-Y磁性体は、直流電気抵抗率が $100 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 乃至 $700 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ の範囲にあることを特徴とする請求項1乃至2に記載の狭帯域磁気損失材料。

【請求項6】 前記M-X-Y磁性体は、直流電気抵抗率が $500 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ よりも大きい値であることを特徴とする請求項3乃至4に記載の広帯域磁気損失材料。

失材料。

【請求項7】 前記M-X-Y磁性体のX成分が、C、B、Si、Al、Mg、Ti、Zn、Hf、Sr、Nb、Ta、或いは希土類元素のいずれか、もしくはそれらの混在物であることを特徴とする請求項1乃至6に記載の磁気損失材料。

【請求項8】 前記M-X-Y磁性体は、前記Mが前記X-Y化合物のマトリックス中に分散されたグラニュー状の形態で存在する事を特徴とする請求項1乃至7に記載の磁気損失材料。

【請求項9】 前記グラニュー状の形態を有する粒子Mの平均粒子径が、1nmから40nmの範囲にある事を特徴とする請求項1乃至8に記載の磁気損失材料。

【請求項10】 前記M-X-Y磁性体は、異方性磁界 H_k が600Oe以下であることを特徴とする請求項1乃至9に記載の磁気損失材料。

【請求項11】 前記M-X-Y磁性体が、 $Fe_\alpha-Al_\beta-O_\gamma$ である請求項1乃至10に記載の磁気損失材料。

【請求項12】 前記M-X-Y磁性体が、 $Fe_\alpha-Si_\beta-O_\gamma$ である請求項1乃至10に記載の磁気損失材料。

【請求項13】 前記M-X-Y磁性体は、スパッタ法により作製された薄膜磁性体であることを特徴とする請求項1乃至12に記載の磁気損失材料。

【請求項14】 前記M-X-Y磁性体は、蒸着法により作製された薄膜磁性体であることを特徴とする請求項1乃至12に記載の磁気損失材料。

【請求項15】 請求項1乃至14に記載のM-X-Y磁性体からなり、前記磁性体の厚さが0.3 μ mから20 μ mの範囲にあることを特徴とする高周波電流抑制体。

【請求項16】 請求項15に記載の高周波電流抑制体を、電子回路に密着乃至その近傍に配設することを特徴とする高周波電流の抑制方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野及び従来技術】

本発明は、高周波での磁気損失特性に優れた磁性体に関し、詳しくは、高速動作する能動素子あるいは高周波電子部品および電子機器において問題となる不要輻射の抑制に有効である複素透磁率特性に優れた磁気損失材料と、その製造方法、およびそれを用いた高周波電流の抑制体と抑制方法に関する。

【0002】

近年、高速動作する高集積な半導体素子の普及が著しい。その例として、ランダムアクセスメモリ（RAM）、リードオンリーメモリ（ROM）、マイクロプロセッサ（MPU）、中央演算処理装置（CPU）又は画像プロセッサ算術論理演算装置（IPALU）等の論理回路素子がある。これらの能動素子においては、演算速度や信号処理速度が日進月歩の勢いで高速化されており、高速電子回路を伝播する電気信号は、電圧、電流の急激な変化を伴うために、誘導性の高周波ノイズの主要因となっている。

一方、電子部品や電子機器の軽量化、薄型化、小型化の流れも止まる事を知らぬが如く急速な勢いで進行している。それに伴い、半導体素子の集積度や、プリント配線基板への電子部品実装密度の高密度化が著しい。従って、過密に集積あるいは実装された電子素子や信号線が、互いに極めて接近することになり、前述した信号処理速度の高速化と併せて、高周波輻射ノイズがこれだけ増加している。

【0004】

このような近年の電子集積素子あるいは配線基板においては、能動素子への電源供給ラインからの不要輻射の問題が指摘され、電源ラインにデカップリングコンデンサ等の集中定数部品を挿入する等の対策がなされている。しかしながら、高速化された電子集積素子あるいは配線基板においては、発生するノイズが高調波成分を含むために、信号の経路が分布定数的な振る舞いをするようになり、従来の集中定数回路を前提にしたノイズ対策が効を発しない状況が生じていた。

【0005】

本発明は、このような高速動作する半導体素子や電子回路などの不要輻射対策に有効な磁性材料を提供することを目的とするものである。より詳しくは、本発

明は、より体積の小さな磁性体で効果的な不要輻射対策が出来る磁気損失項 μ'' の大きな磁気損失材料の提供を目的とする。

【0006】

発明者らは、以前に高周波での磁気損失の大きな複合磁性体を発明し、これを不要輻射源の近傍に配置する事で、上記した半導体素子や電子回路などから発生する不要輻射を効果的に抑制する方法を見出している。この様な磁気損失を利用した不要輻射減衰の作用機構については、最近の研究から、不要輻射源となっている電子回路に対して等価的な抵抗成分が付与されることによることが分かっている。ここで、等価的な抵抗成分の大きさは、磁性体の磁気損失項 μ'' の大きさに依存している。より詳しくは、電子回路に等価的に挿入される抵抗成分の大きさは、磁性体の面積が一定の場合には μ'' と磁性体の厚さに略比例する。したがって、より薄い磁性体で所望の不要輻射減衰を得るためには、より大きな μ'' が必要になってくる。例えば、半導体素子のモールド内部のような微小領域において磁気損失体を用いた不要輻射対策を行う為には、磁気損失項 μ'' がきわめて大きな値である必要があり、従来の磁気損失材料に比べて格段に大きな μ'' を有する磁性体が求められていた。本発明は、かかる現状に鑑みて考案されたものである。

【0007】

発明者らは、スパッタ法あるいは蒸着法による軟磁性体の研究過程において、微小な磁性金属粒子が、セラミックスのような非磁性体中に均質に分散されたグラニューラー磁性体の優れた透磁率特性に着目し、磁性金属粒子とそれを囲う非磁性体の微細構造を研究した結果、グラニューラー磁性体中に占める磁性金属粒子の濃度が特定の範囲にある場合に、高周波領域において優れた磁気損失特性が得られる事を見出した。M-X-Y (Mは磁性金属元素、YはOあるいはN、Fのいずれか、XはM、Y以外の元素)なる組成を有するグラニューラー磁性体については、これまでに多くの研究がなされ、低損失で大きな飽和磁化を有する事が知られている。このM-X-Yグラニューラー磁性体において、飽和磁化の大きさは、M成分の占める体積率に依存するので、大きな飽和磁化を得るためには、M成分の比率を高くする必要がある。そのため、高周波インダクタ素子あるいはトラン

ス等の磁心として用いるような一般的な用途にはM-X-Yグラニュー磁性体中のM成分の割合は、M成分のみからなるバルク金属磁性体の飽和磁化のおおむね80%以上の飽和磁化が得られる範囲に限られていた。

【0008】

本発明者らは、M-X-Y（Mは磁性金属元素、YはOあるいはN、Fのいずれか、XはM、Y以外の元素）なる組成を有するグラニュー磁性体において、M成分の占める割合を広い範囲で検討した結果、いずれの組成系でも磁性金属Mが特定濃度の範囲にある場合に、高周波領域で大きな磁気損失を示すことを見出し、本発明に至った。

【0009】

M成分の比率が、M成分のみからなるバルク金属磁性体の飽和磁化に対して80%以上の飽和磁化を示すような最も高い領域は、従来より盛んに研究されているが、飽和磁化で低損失のYグラニュー磁性体の値にある材料は、実数部透磁率（ μ' ）と飽和磁化の値が共に大きいため、前述した高周波インダクタのような高周波マイクロ磁気デバイスに用いられるが、電気抵抗を左右するX-Y成分の占める割合が少ないので、電気抵抗率が小さい。その為に膜厚が厚くなると高周波領域でのうず電流損失の発生に伴って高周波での透磁率が劣化するので、ノイズに用いられない比較的高い磁性体である。M成分の比率が、M成分のみからなるバルク金属磁性体の飽和磁化の80%以下で60%以上となる飽和磁化を示す領域は、電気抵抗率がおおむね100 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以上と比較的大きい為に、材料の厚さが数 μm 程度あってもうず電流による損失が少なく、磁気損失はほとんど自然共鳴による損失となる。その為、磁気損失項 μ'' の周波数分散巾が狭くなるので、挟帯域な周波数範囲でのノイズ対策（高周波電流抑制）に適している。M成分の比率が、M成分のみからなるバルク金属磁性体の飽和磁化の60%以下で35%以上の飽和磁化を示す領域は、電気抵抗率がおおむね500 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以上と更に大きいために、うず電流による損失は極めて小さく、M成分間の磁気的な相互作用が小さくなることで、スピンの熱擾乱が大きくなり自然共鳴の生じる周波数に揺らぎが生じ、その結果、磁気損失項 μ'' は広い範囲で大きな値を示すようになる。したがって、この組成

領域は広帯域な高周波電流の抑制に適している。

【0010】

一方、M成分の比率が本発明の領域よりも更に小さな領域は、M成分間の磁氣的相互作用がほとんど生じなくなるので超常磁性となる。

【0011】

電子回路の直近に磁気損失材料を配設して高周波電流を抑制する際の材料設計の目安は、磁気損失項 μ'' と磁気損失材料の厚さ δ の積 $\mu'' \cdot \delta$ で与えられ、数100MHzの周波数の高周波電流に対して効果的な抑制を得るには、おおむね $\mu'' \cdot \delta \geq 1000 (\mu\text{m})$ が必要となる。したがって、 $\mu'' = 1000$ の磁気損失材料では1 μm 以上の厚さが必要になり、うず電流損失の生じ易い低電気抵抗な材料は好ましくなく、電気抵抗率が100 $\mu\Omega\text{cm}$ 以上となるような組成、すなわち本発明の組成は、M成分の比率がM成分のみからなる金属磁性体の飽和磁化の35%以下となる飽和磁化を示し、かつ、超常磁性を現しない領域即ち、M成分のみからなるバルク金属磁性体の飽和磁化に対して35%以上の飽和磁化を示す領域が適している。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、M（Mは、Fe、Co、Niのいずれか、もしくはそれらの混在物）-X（Xは、MおよびY以外の元素、もしくはそれらの混在物）-Y（Yは、F、N、Oのいずれか、もしくはそれらの混在物）からなる磁気損失材料であって、前記磁気損失材料の損失項 μ'' の最大値 μ''_{max} が100MHz～10GHzの周波数範囲に存在すると共に、前記 μ'' が前記 μ''_{max} に対し50%以上となる周波数帯域をその中心周波数で規格化した半値巾 μ''_{50} が、150%以上であることを特徴とする広帯域磁気損失材料が得られる。

【0013】

また本発明によれば、前記M-X-Y磁性体の飽和磁化の大きさが、M成分のみからなる金属磁性体の飽和磁化の80%から60%の範囲に有る事を特徴とする狭帯域磁気損失材料が得られる。

【0014】

また本発明によれば、M (Mは、Fe、Co、Niのいずれか、もしくはそれらの混在物) - X (Xは、MおよびY以外の元素、もしくはそれらの混在物) - Y (Yは、F、N、Oのいずれか、もしくはそれらの混在物) からなる磁気損失材料であって、前記磁気損失材料の損失項 μ'' の最大値 μ''_{\max} が100MHz \sim 10GHzの周波数範囲に存在すると共に、前記 μ'' が前記 μ''_{\max} に対し50%以上となる周波数帯域をその中心周波数で規格化した半値巾 μ''_{50} が、200%以内であることを特徴とする挟帯域磁気損失材料が得られる。

また本発明によれば、前記M-X-Y磁性体の飽和磁化の大きさが、M成分のみからなる金属磁性体の飽和磁化の60%から35%の範囲に有る事を特徴とする広帯域磁気損失材料が得られる。

【0015】

また本発明によれば、前記M-X-Y磁性体は、直流電気抵抗が $100\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 乃至 $1000\mu\Omega\cdot\text{cm}$ の範囲にあることを特徴とする広帯域磁気損失材料が得られる。

【0016】

また本発明によれば、前記M-X-Y磁性体は、直流電気抵抗率が $500\mu\Omega\cdot\text{cm}$ よりも大きい値であることを特徴とする広帯域磁気損失材料が得られる。

また本発明によれば、前記M-X-Y磁性体のX成分が、C、B、Si、Al、Mg、Ti、Zn、Hf、Sr、Nb、Ta、或いは希土類元素のいずれか、もしくはそれらの混在物であることを特徴とする磁気損失材料が得られる。

【0018】

また本発明によれば、前記M-X-Y磁性体は、前記Mが前記X-Y化合物のマトリックス中に分散されたグラニューラ状の形態で存在する事を特徴とする磁気損失材料が得られる。

【0019】

また本発明によれば、前記グラニューラ状の形態を有する粒子Mの平均粒子径が、1nmから40nmの範囲にある事を特徴とする磁気損失材料が得られる。

【0020】

また本発明によれば、前記M-X-Y磁性体は、異方性磁界H_kが600(Oe)以下である事を特徴とする磁気損失材料が得られる。

【0021】

また本発明によれば、前記M-X-Y磁性体が、 $Fe_{\alpha}-Al_{\beta}-O_{\gamma}$ である磁気損失材料が得られる。

【0022】

また本発明によれば、前記M-X-Y磁性体が、 $Fe_{\alpha}-Si_{\beta}-O_{\gamma}$ である磁気損失材料が得られる。

【0023】

また本発明によれば、前記M-X-Y磁性体は、スパッタ法により作製された薄膜磁性体であることを特徴とする磁気損失材料が得られる。

また本発明によれば、前記M-X-Y磁性体は、蒸着法により作製された薄膜磁性体であることを特徴とする磁気損失材料が得られる。

【0025】

また本発明によれば、前記M-X-Y磁性体からなり、前記磁性体の厚さが0.3μm以上10μmの範囲にあることを特徴とする高周波電流抑制体が得られる。

【0026】

また本発明によれば、前記高周波電流抑制体を、電子回路に密着乃至その近傍に配設することを特徴とする高周波電流の抑制方法が得られる。

【0027】

【発明の実施の形態】

以下、本発明についていくつかの実施例に基づき具体的に説明する。

【0028】

まず、本発明によるグラニューラ状磁性体M-X-Yの構造と、その製造方法の一例について説明する。

【0029】

(試料1)

本発明のグラニューラー磁性薄膜を、表 1 に示す条件にてスパッタ法でガラス基板上に作製した。得られたスパッタ膜を 3 0 0 ° C にて 2 時間真空磁場中熱処理を施し、試料 1 を得た。

【 0 0 3 0 】

得られた試料 1 を蛍光 X 線分析分析したところ膜の組成は、 $Fe_{72}Al_{11}O_{17}$ であった。

【 0 0 3 1 】

また、試料 1 の膜厚は 2 . 0 μm 、直流抵抗率は、5 3 0 $\mu \Omega \cdot cm$ 、Hk は 1 8 0 e であり、Ms は 1 6 8 0 0 G a u s s、中心周波数で規格化した μ'' の半値巾である μ''_{50} は 1 4 8 % であった。試料 1 の飽和磁化と M 成分のみからなる金属磁性体の飽和磁化の比率 $\{Ms(M-X-Y)/Ms(M)\} \times 100$ の値は 7 2 . 2 % であった。

表 1

製膜前真空度 $< 1 \times 10^{-6}$ Torr

製膜時雰囲気 Ar

電源 RF

+

Al_2O_3 チップ (1 2 0 個)

(チップサイズ: 5 mm \times 5 mm \times 2 mm t)

試料の磁気損失特性を検証するために $\mu - f$ 特性を調べた。 $\mu - f$ 特性の測定は、短冊状に加工した検出コイルに挿入して、バイアス磁場を印加しながらインピーダンスを測定することにより行い、磁気損失項 μ'' の周波数特性を得た。

【 0 0 3 3 】

(試料 2)

Al_2O_3 チップの数を 1 5 0 個に代えた以外は、試料 1 と同様な条件、方法にて試料 2 を得た。

【 0 0 3 4 】

得られた試料2を蛍光X線分析分析したところ膜の組成は、 $\text{Fe}_{44}\text{Al}_{22}\text{O}_{34}$ であった。また、試料2の膜厚は $1.2\mu\text{m}$ 、直流抵抗率は $2400\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 、異方性磁界 H_k は 1200e であり、 M_s は 9600Gauss 、 μ''_{50} は 181% であった。試料2の飽和磁化とM成分のみからなる金属磁性体の飽和磁化の比率 $\{M_s(M-X-Y)/M_s(M)\} \times 100$ の値は、 44.5% であった。

【0035】

(比較試料1)

Al_2O_3 チップの数を90個とした以外は試料1と同様な条件、方法にて比較試料1を得た。

【0036】

得られた比較試料1を蛍光X線分析分析したところ膜の組成は、 $\text{Fe}_{86}\text{Al}_{16}\text{O}_{84}$ であった。また、試料膜厚は $1.2\mu\text{m}$ 、比較試料1の直流抵抗率は $74\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 、異方性磁界 H_k は 220e であり、 M_s は 18800Gauss であった。比較試料1の飽和磁化とM成分のみからなる金属磁性体の飽和磁化の比率 $\{M_s(M-X-Y)/M_s(M)\} \times 100$ の値は、 85.7% であった。

【0037】

(比較試料2)

Al_2O_3 チップの数を200個とした以外は試料1と同様な条件、方法にて比較試料1を得た。

【0038】

得られた比較試料2を蛍光X線分析分析したところ膜の組成は、 $\text{Fe}_{19}\text{Al}_{134}\text{O}_{47}$ であった。また、試料膜厚は $1.3\mu\text{m}$ 、直流抵抗率は $10500\mu\Omega\cdot\text{cm}$ であった。本試料の磁気特性は、超常磁性的な振る舞いを示した。

【0039】

図3に本発明の試料1の $\mu''-f$ 特性を示す。これをみると、そのピークは非常に大きく、また、分散も急峻になっており、共鳴周波数も 700MHz 付近と高くなっていることがわかる。

【0040】

図4は本発明の試料2の μ'' -f特性である。試料1に比べて直流抵抗率の値が非常に大きくなっており、 μ'' のピーク値は試料1と同様に大きな値を示している。また、 μ'' の分散は熱擾乱のためになだらかになっており、広帯域に広がっている。共鳴周波数も1GHz付近にピークがあり、優れた高周波数特性を示している。

【0041】

図5に、比較試料1の μ'' -f特性を示す。比較試料1は、飽和磁化 M_s が大きいことを反映して大きな μ'' を示しているが、試料の抵抗値が低い為に周波数の上昇と共に渦電流損失が発生し、そのために低周波数領域から透磁率（磁気損失特性）の劣化が生じており、高周波での透磁率特性が悪くなっていることが分かる。

【0042】

比較試料2では、酸化物の μ'' が大きいために抵抗値は非常に大きい。一方、磁性を担う相が少なく磁性粒子間の磁氣的相互作用も極めて小さくなり、その結果、超常磁性的な振る舞いを示し、軟磁気特性は観測されない。

【0043】

これらの結果より、本発明の試料1～2の磁性体は、高周波領域において非常に大きな磁気損失を示すことが分かる。

【0044】

次に別な組成を有するグラニューラー薄膜での実施例を示す。

【0045】

（試料4）

表2に示す条件で、反応性スパッタ法によりガラス基板上にグラニューラー磁性薄膜試料を作製し、真空磁場中で300℃-2時間の熱処理を施し、試料4を得た。製膜時の N_2 分圧は20%とした。

【0046】

得られた試料4の磁気特性を表3に示す。

【0047】

表2

製膜前真空度	$< 1 \times 10^{-6}$ Torr
製膜時雰囲気	Ar+N ₂
電源	RF
ターゲット	Fe (径φ100mm) + Alチップ (150個) (チップサイズ: 5mm×5mm×2mm t)

表3

膜厚	... 1.5μm
$\{M_s (M-X-Y) / M_s (M)\} \times 100$...
μ''_{\max}	... 520
$f(\mu''_{\max})$... 830MHz
μ''_{50}	... 175%

表4に示す条件で、スパッタ法によりガラス基板上にグラニューパー磁性薄膜試料を作製し、真空磁場中で300℃-2時間の熱処理を施し、試料5を得た。

【0048】

得られた試料5の磁気特性を表5に示す。

【0049】

表4

製膜前真空度	$< 1 \times 10^{-6}$ Torr
製膜時雰囲気	Ar
電源	RF

ターゲット

Co (径φ 100mm)

+

Al₂O₃チップ (130個)

(チップサイズ: 5mm×5mm×2mm t)

表 5

膜厚

... 1.1μm

{Ms (M-X-Y) / Ms (M) } × 100 ... 64.7%

μ" ... 850

f (μ"max) ... 800MHz

(試料 6)

表 6 に示す条件で、反応性スパッタ法によりガラス基板上にグラニューラー磁性薄膜試料を作製し、真空磁場中で 300℃ - 2 時間の熱処理を施し、試料 6 を得た。なお、製膜時の N₂ 分圧は 10% とした。

【0050】

試料 6 の特性を表 7 に示す。

【0051】

表 6

製膜前真空度

< 1 × 10⁻⁶ Torr

製膜時雰囲気

Ar + N₂

電源

RF

ターゲット

Co (径φ 100mm)

+

Alチップ (170個)

(チップサイズ: 5mm×5mm×2mm t)

表7

膜厚 ... 1.2μm

$\{M_s (M-X-Y) / M_s (M)\} \times 100$... 37.2%

μ'' ... 350

$f (\mu''_{\max})$... 1GHz

μ''_{60} ... 191%

(試料7)

表7は、各条件で、スパッタ法によりガラス基板上にグラニコラー磁性薄膜試料7を形成し、真空磁場中で250℃・2時間の熱処理を施し、試料7を得た。得られた試料7の磁気特性を表9に示す。

【0052】

表8

製膜前真空度 $< 1 \times 10^{-6}$ Torr

製膜時雰囲気 Ar

電源 RF

ターゲット Ni (径φ100mm)

+

Al₂O₃チップ (140個)

(チップサイズ: 5mm×5mm×2mm t)

表9

膜厚 ... 1.7 μ m

$\{M_s (M-X-Y) / M_s (M)\} \times 100$... 58.2%

μ'' ... 280

$f (\mu''_{\max})$... 240 MHz

μ''_{50} ... 169%

(試料 8)

表 10 に示す条件で、反応性スパッタ法によりガラス基板上にグラニューラー磁性薄膜試料を作製し、真空磁場中で 300℃ - 2 時間の熱処理を施し、試料 8 を得た。なお、製膜時の N_2 分圧は 10% とした。

【0053】

得られた試料 8 の磁気特性を表 11 に示す。

【0054】

表 10

製膜前真空度 < 1×10^{-6} Torr

製膜時雰囲気 Ar + N_2

電源 RF

ターゲット Ni (φ100mm) +

Alチップ (100個)

(チップサイズ: 5mm × 5mm × 2mm t)

表 11

膜厚 ... 1.3 μ m

$$\{M_s (M-X-Y) / M_s (M)\} \times 100 \cdots 76.2\%$$

$$\mu'' \cdots 410$$

$$f(\mu''_{\max}) \cdots 170\text{MHz}$$

$$\mu''_{50} \cdots 158\%$$

(試料9)

表12に示す条件で、スパッタ法によりガラス基板上にグラニューラー磁性薄膜試料を作製し、真空磁場中で300℃-2時間の熱処理を施し、試料9を得た。得られた試料9の特性を表13に示す。

【0055】

表12

製膜前真空度 $< 1 \times 10^{-6}$ Torr

製膜時電圧

ターゲット

Fe (径φ100mm)

+

TiO₂チップ (150個)

(チップサイズ: 5mm×5mm×2mm t)

表13

膜厚 $\cdots 1.4\mu\text{m}$

$$\{M_s (M-X-Y) / M_s (M)\} \times 100 \cdots 43.6\%$$

$$\mu'' \cdots 920$$

$$f(\mu''_{\max}) \cdots 1.5\text{GHz}$$

$$\mu''_{50} \cdots 188\%$$

(試料10)

表14に示す条件で、反応性スパッタ法によりガラス基板上にグラニューラー磁性薄膜試料を作製し、真空磁場中で300℃-2時間の熱処理を施し、試料10

を得た。なお、酸素分圧は15%とした。

【0056】

得られた試料10の磁気特性を表15に示す。

【0057】

表14

製膜前真空度	$<1 \times 10^{-6}$ Torr
製膜時雰囲気	Ar+O ₂
電源	RF
ターゲット	Fe +
	Siチップ: 130個 (チップサイズ: 5mm×5mm×2mm t)

表15

膜厚	... 1.5 μm
$\{M_s (M-X-Y) / M_s (M)\} \times 100$... 55.2%
$f (\mu''_{max})$... 1.2GHz
μ''_{50}	... 182%

(試料11)

表16に示す条件で、スパッタ法によりガラス基板上にグラニューラー磁性薄膜試料を作製し、真空磁場中で300℃-2時間の熱処理を施し、試料11を得た。

試料11の特性を表17に示す。

【0058】

表16

製膜前真空度	$<1 \times 10^{-6}$ Torr
製膜時雰囲気	Ar
電源	RF
ターゲット	Fe +
	HfO ₂ チップ: 100個 (チップサイズ: 5mm×5mm×2mm t)

表17

膜厚 ... 1.8 μm

$\{M_s (M-X-Y) / M_s (I_2) \}$... 71

μ'' ... 1800

$f(\mu''_{\max})$... 450MHz

μ''_{50} ... 171%

(試料12)

表18に示す条件で、スパッタ法によりガラス基板上にグラニューラー磁性薄膜試料を作製し、真空磁場中で300℃-2時間の熱処理を施し、試料12を得た。

【0059】

得られた試料12の磁気特性を表19に示す。

【0060】

表18

製膜前真空度	$<1 \times 10^{-6}$ Torr
製膜時雰囲気	Ar
電源	RF
ターゲット	Fe ($\phi 100\text{mm}$) +
	BNチップ: 130個

表19

膜厚	... $1.9\mu\text{m}$
μ	... 950
$f(\mu''_{\text{max}})$... 680MHz
μ''_{50}	... 185%

(試料13)

上記の条件で、スパッタ法によりスズ基板に磁性薄膜を形成し、試料を作製し、真空磁場中で300℃-2時間の熱処理を施し、試料13を得た。

【0061】

得られた試料13の磁気特性を表21に示す。

【0062】

表20

製膜前真空度	$<1 \times 10^{-6}$ Torr
製膜時雰囲気	Ar
電源	RF
ターゲット	Fe ₅₀ Co ₅₀ (φ100mm) + Al ₂ O ₃ チップ: 130個

表21

膜厚 ... 1.6 μm

{Ms (M-X-Y)} × 100 ... 59.3%

μ'' ... 720

f (μ''max) ... 1.1GHz

μ''₅₀ ... 180%

次に蒸着法により作製した実施例

【0063】

(試料14)

表22に示す条件で、蒸着法によりグラニューラー磁性薄膜試料をガラス基板上に作製し、真空磁場中で300℃-2時間の熱処理を施し、試料14を得た。得られた試料14の磁気特性を表23に示す。

【0064】

表22

製膜前真空度 $< 1 \times 10^{-6}$ Torr
 製膜時酸素流量 3.0 sccm
 母材 $\text{Fe}_{70}\text{Al}_{30}$ 合金

表23

膜厚 ... $1.1 \mu\text{m}$
 $\{M_s(M-X-Y) / M_s(M)\} \times 100$... 41.8%
 μ'' ... 590
 $f(\mu''_{\text{max}})$... 520 MHz
 μ''_{50} ... 190%

図9に示す測定系を用いた試料を用いた検証実験について説明する。

【0065】

ノイズ抑制効果の検証には図9に示す測定系を用い、更に、図4に示した透磁率特性を有し、一辺が2.0 mmの正方形をなし、膜厚が $2.0 \mu\text{m}$ であるグラニューラー磁性薄膜試料1を用いて、これを線路長7.5 mm、特性インピーダンス 50Ω のマイクロストリップ線路の直上に配置し、ネットワークアナライザ (HP 8753D) を用いて2 Port間の伝送特性を求めた。

【0066】

表24

グラニューラー磁性薄膜試料1と複合磁性体シートの透磁率特性

	グラニューラー 磁性薄膜	複合磁性体 シート
$\mu'' / 700\text{MHz}$	約1800	約3.0
$\mu''_{50} [\%]$	148	196

表24に、グラニューラー磁性薄膜試料1の透磁率特性を、比較試料とした偏平状センダスト粉末とポリマーからなる同面積の複合磁性体シートの特性と共に示す。グラニューラー磁性薄膜試料1の μ'' は準マイクロ波帯に分散を示し、その大きさは700MHz付近で μ''_{\max} は約1800であり、同じ帯域に μ'' 分散を示す比較試料の μ'' に比べて600倍程大きい。また、前記 μ'' が前記 μ''_{\max} の50%となる半値巾 μ''_{50} の中心周波数に対する比率は比較試料に比べて小さく、狭帯域であることがわかる。ノイズ伝送路の直近に磁気損失材料を配置して伝送路に等価的な抵抗成分を付与することで高周波電流を抑制する場合において、抑制効果の大きさは μ'' の大きさと磁性体の厚さの積($\mu'' \cdot \delta$)にほぼ比例すると考えられるので、抑制効果の比較にあたり、 $\mu'' \cdot \delta$ の値が同じオーダーとなる様 $\mu'' \approx 3$ で $\delta = 1.0$ mmの複合磁性体シートを比較試料とした

図9に示すようにマイクロストリップ線路の直上に磁性体を配置し、伝送特性 S_{21} の変化を求めた。図10-a)およびb)に、各々グラニューラー磁性薄膜試料1、および複合磁性体シートを配置したときの S_{21} 特性を示す。グラニュー

ー磁性薄膜試料1の配置により、 S_{21} 特性は、3GHz以上から減少し、2GHz近くで-10dBの極小値を示した後に増加する。一方、複合磁性体シートの場合は、数100MHzから単調に減少し、3GHzで約-10dBを示した。これらの結果は、 S_{21} 伝送特性が磁性体の μ'' 分散に依存すると共に、抑制効果の大きさが $\mu'' \cdot \delta$ 積に依存することを示している。そこで、磁性体を図11に示すような寸法の分布定数線路とみなし、伝送特性 S_{11} および S_{21} から、単位長さ(Δ)当たりの等価回路定数を求めた後、試料寸法(l)に換算した等価回路定数を算出した。本検討のように、磁性体をマイクロストリップ線路上に配置した場合には、伝送特性の変化は主に直列に付加される等価抵抗成分によるものであることから、等価抵抗 R を求めその周波数依存性を調べてみた。図12-a)およびb)に、各々本発明及び比較試料である複合磁性体シートにおける等価抵抗 R の周波数変化を示す。等価抵抗 R はいずれの場合も準マイクロ波帯の領域で単調に増加し、3GHzでは数10 Ω となる。等価抵抗 R の周波数依

存性は、共に1GHz付近に極大をもつ μ'' の周波数分散とは異なる傾向にみえるが、これは前述の $\mu'' \cdot \delta$ 積に加えて波長に対する試料寸法の比率が単調増加することを反映している結果と考えられる。

【0068】

本発明の実施例では、スパッタ法乃至真空蒸着法による製造例を示したが、イオンビーム蒸着法やガス・デポジション法などの製造方法でも良く、本発明の磁気損失材料が均一に実現できる方法であれば、製法に限定されない。

【0069】

また、本発明の実施例では、製膜後に真空磁場中での熱処理を施しているが、アズ・デポジションの膜で、本発明の性能が得られる組成あるいは製膜法であれば、実施例に記載の製膜後処理に限定されない。

【0070】

以上より、導波マイクロ波帯に分散を示す本発明の試料は、厚さが1000倍の複合磁性体シートと同等の高周波電流抑制効果を示し、1GHzに近い高速クロックで動作するような半導体集積素子等のEMI対策に用いる材料として有望であるといえる。

【0071】

従って、本発明によれば、半導体集積回路素子のような高密度集積された微少な電子回路の高周波伝導ノイズの除去に極めて有効な高周波磁気損失特性に優れた磁気損失材料とその製造方法及びそれを用いた高周波電流抑制体が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

グラニューラー磁性体の構造を模式的に示す図である。

【図2】

(a) はスパッタ法による試料作製装置の概略図であり、

(b) は蒸着法による試料作製装置の概略図である。

【図3】

本発明の試料1にかかる μ'' の周波数依存性例である。

【図4】

本発明の試料2にかかる μ'' の周波数依存性例である。

【図5】

比較試料1にかかる μ'' の周波数依存性例である。

【図6】

本発明による磁気損失材料からなる高周波電流抑制体の抑制効果を見るための測定系を示す斜視図である。

【図7】

- (a) は本発明の実施の形態による試料1の伝送特性(S21)であり、
- (b) は比較試料であるの複合磁性体シートの伝送特性(S21)である。

【図8】

本発明の実施の形態による磁性体の等価回路である。

【図9】

(a) は本発明の実施の形態による、試料1の伝送特性より算出したR値を示す図であり、

(b) は比較試料である複合磁性体シートの伝送特性より算出したR値を示す図

【符号の説明】

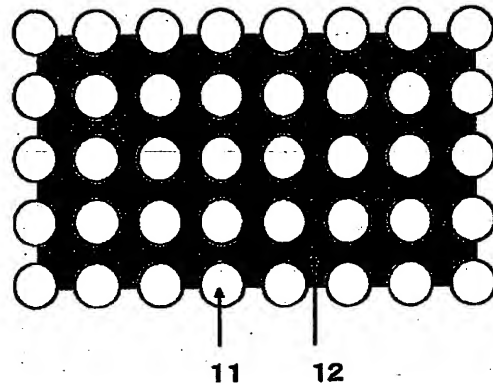
- 1 1 M成分
- 1 2 X-Y成分
- 2 1 シャッター
- 2 2 ガス
- 2 3 基板
- 2 4 チップ(X-Y or X)
- 2 5 ターゲット(M)
- 2 6 RF電源
- 2 7 真空ポンプ
- 2 8 るつぼ(X-Y)
- 6 測定系

- 61 マイクロストリップ線路 ($Z_c = 50 \Omega$)
- 62 マイクロストリップ線路とネットワークアナライザを接続する同軸線路
- 63 磁性体試料
- 64 試料配置部分

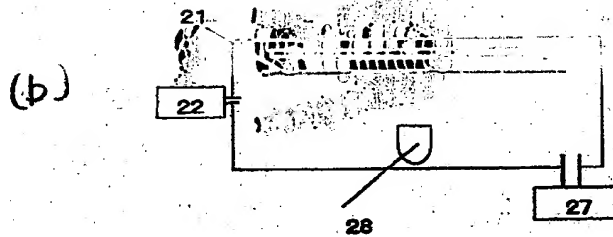
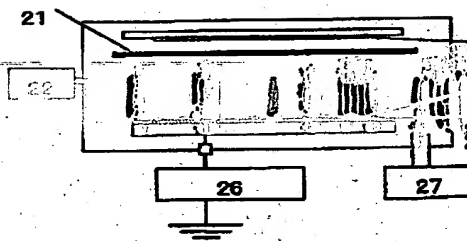
【書類名】

図面

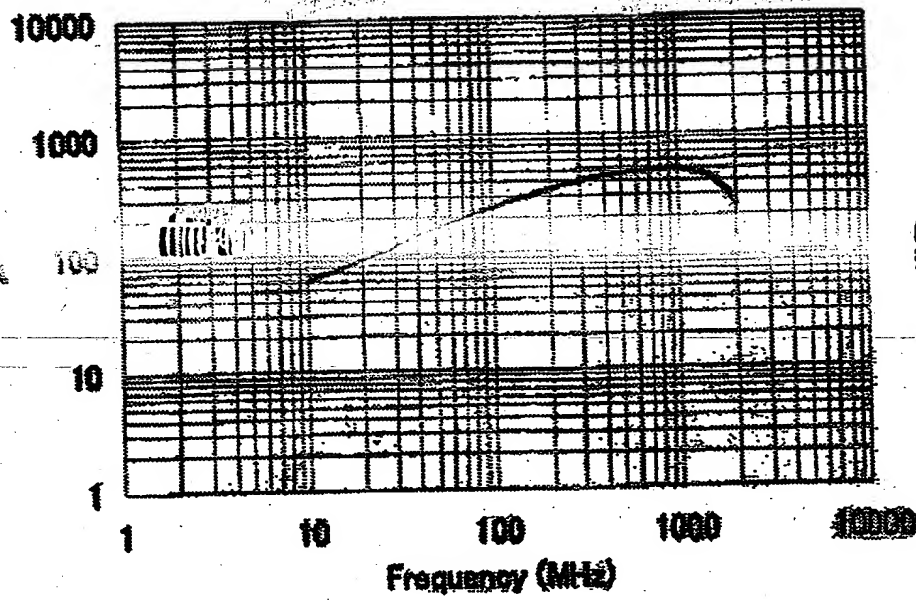
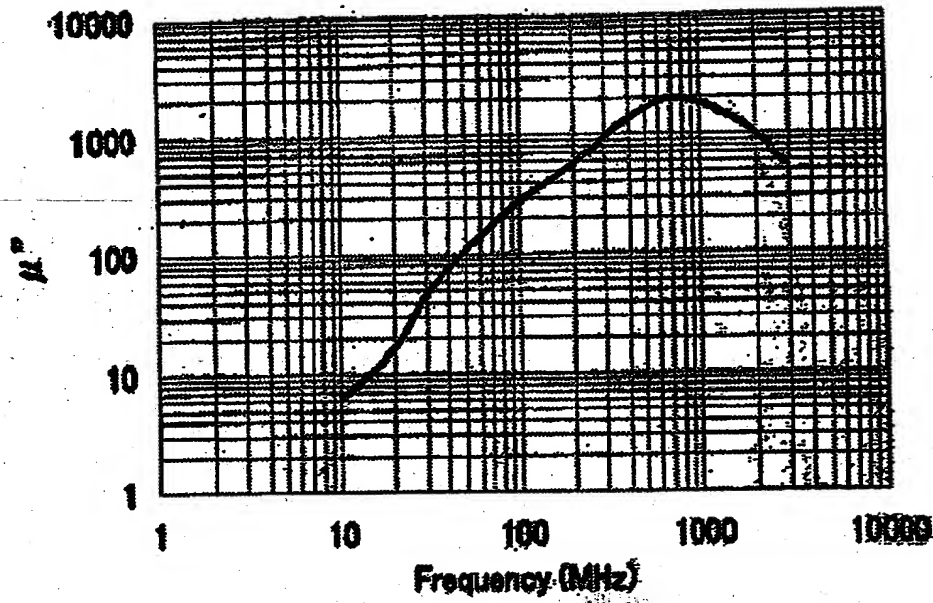
【図1】



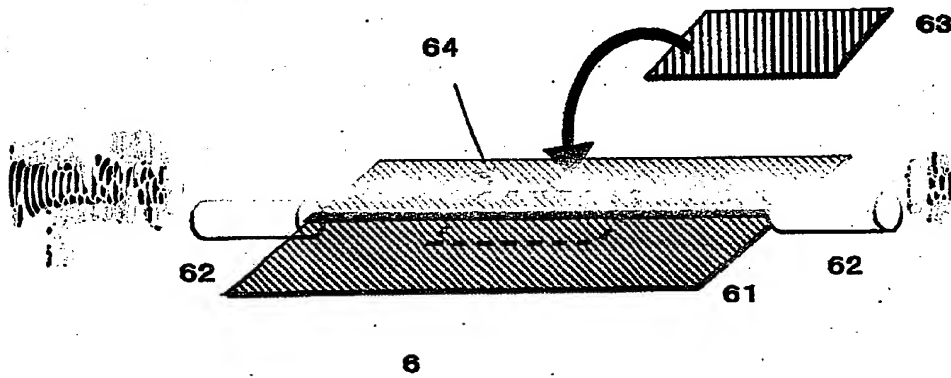
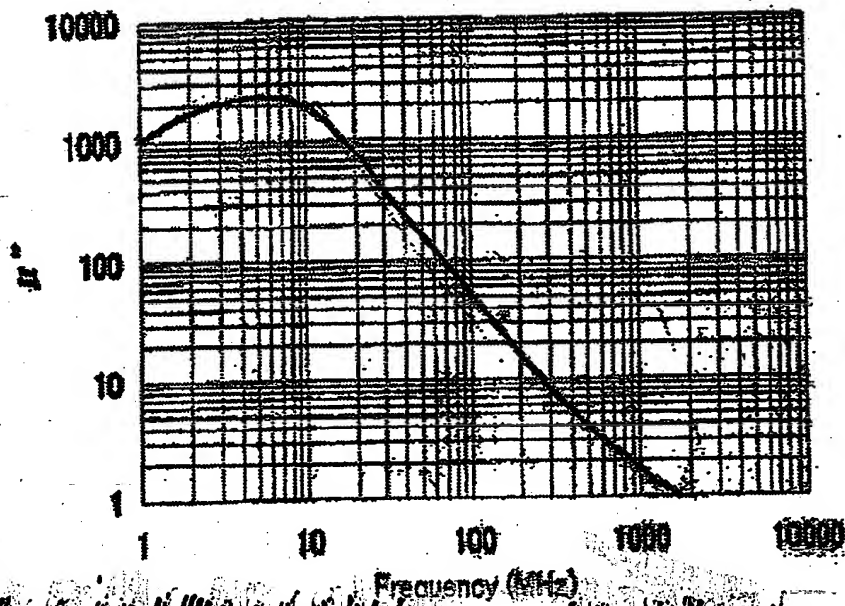
【図2】



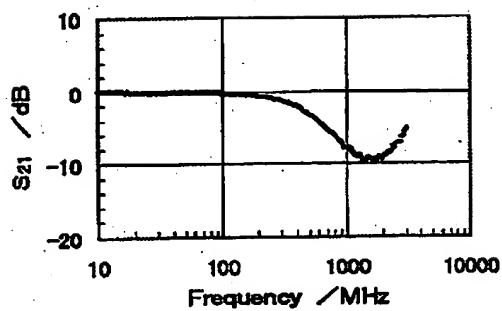
【図 3】



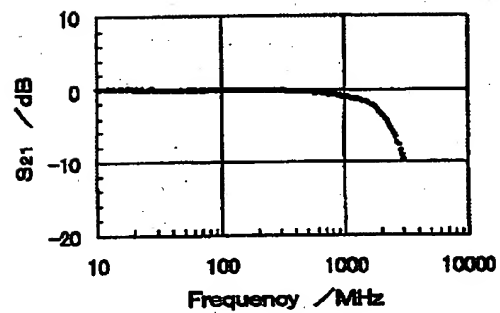
【図5】



【図7】

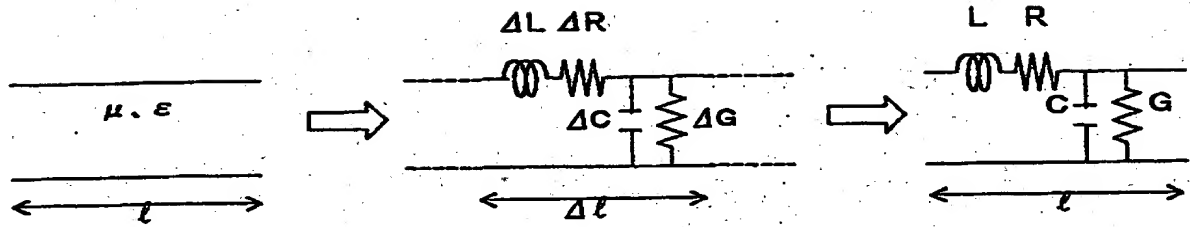


(a)

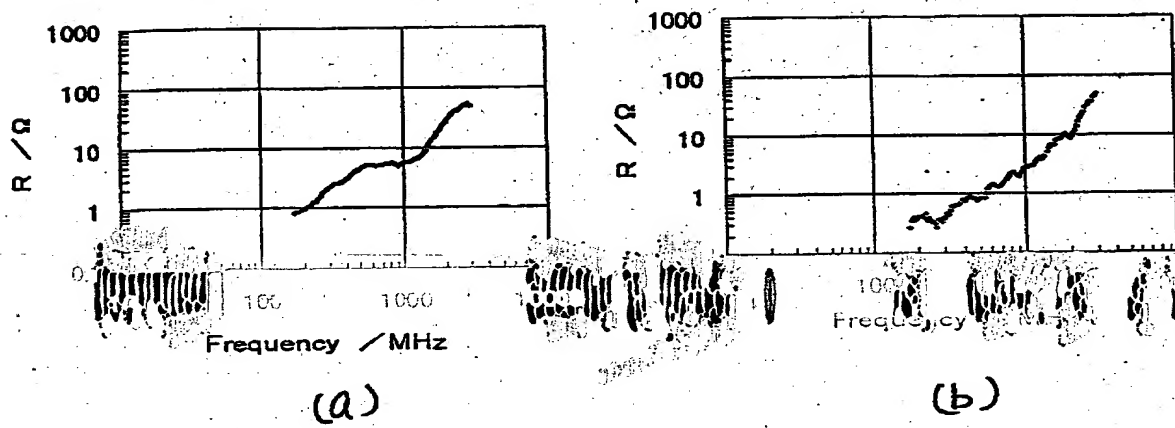


(b)

【図8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体集積回路素子のような高密度集積された微少な電子回路の高周波伝導ノイズの除去に極めて有効な高周波磁気損失特性に優れた磁気損失材料とその製造方法及びそれを用いた高周波電流抑制体を提供する。

【解決手段】 M (Mは、Fe、Co、Niのいずれか、もしくはそれらの混在物) - X (Xは、MおよびY以外の元素、もしくはそれらの混在物) - Y (Yは、F、N、Oのいずれか、もしくはそれらの混在物) からなる磁気損失材料であって、前記磁気損失材料の損失項 μ'' の最大値 μ''_{max} が100MHz~10GHzの周波数範囲に存在すると共に、前記 μ'' が前記 μ''_{max} に対し50%以上となる周波数帯域をその中心周波数で規格化した半値巾 μ''_{50} が、200%以内である。

【選択図】

図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000134257]

1. 変更年月日

1990年 8月10日

[変更理由]

新規登録

住 所

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

氏 名

株式会社トーキン